

STUDIUL PRECIZIEI MODELELOR DE QVASIGEIOD PE TERITORIUL REPUBLICII MOLDOVA

Dumitru NUCA

Technical University of Moldova, Chişinău, R. Moldova

REZUMAT. Scopul lucrării date a fost studiul modelelor de cvasigeoid utilizate în Republica Moldova, caracteristica lor generală, modul de lucru și compararea preciziei fiecărui model. Totodată au fost comparate modelele de cvasigeoid internaționale pentru a putea avea o concluzie mai exactă, cu date mai multe. Problema de bază la poziționarea altimetrică în Republica Moldova (RM) este datorată utilizării diferitor modele de cvasigeoid create pentru teritoriul dat, ceea ce duce la abateri de coordonate în timpul măsurătorilor topogeodezice. În acest articol este demonstrată importanța utilizării unui model de cvasigeoid unic, care este bazată pe abaterile calculate pentru aceleași puncte utilizând modele diferite și pe insuficiența de date gravimetrice, care ar putea descrie anomaliile altitudinii pentru întreg teritoriul RM. Pentru comparare, s-a utilizat o bază de date din 61 de puncte cu date GNSS/nivelment.

Cuvinte cheie: cvasigeoid, precizie, GNSS, nivelment.

ABSTRACT. The aim of this work was the study of quasigeoid models used in RM, their general characteristics, their main features and comparison of each model's accuracy. Two international quasigeoid models were also involved in this study, in order to make a more reliable conclusion, with more data. The main problem of height positioning in RM is explained by unfitting coordinates for the same geographical points, when different quasigeoid models are used. Different models provide different altitude coordinates and people who practice topographical measurements, do not always use the same quasigeoid model. This paper shows the importance of practicing a sole quasigeoid model, the differences obtained from calculations of same point's coordinates for each model. For comparison, a data base was used consisting of 61 points with GNSS/levelling data.

Keywords: quasigeoid, accuracy, GNSS, levelling.

1. INTRODUCERE

Cea mai practică aplicație, în care un model de cvasigeoid este utilizat, este nivelmentul cu utilizarea unui sistem satelitar global de navigație (GNSS). Pentru determinarea altitudinii, de la un model de cvasigeoid până la suprafață, și a poziției plane, este utilizat un GNSS receptor. Diferența dintre înălțimea geoidului și anomaliile înălțimii la cvasigeoid este foarte importantă, pentru că ele se măsoară de la diferite suprafețe și, ca rezultat, sugerează date diferite. Precizia măsurătorilor are o influență mare la construcții, drumuri, canale, căi ferate, tuneluri, poduri ș.a. Uneori, pentru ca părțile podurilor să se unească perfect sau pentru ca apa să curgă în apeduct, 2 cm de precizie poate să nu fie suficient, iar erorile pot fi generate de utilizarea unor modele diferite de cvasigeoid.

În această lucrare sunt studiate mai multe modele de cvasigeoid, pentru a face posibilă analiza problemei altimetrice. Pentru comparație au fost utilizate diferențele preciziilor pentru aceleași puncte, fiecare

punct fiind însoțit cu coordonatele plane, altitudinea geoidului și date de nivelment.

2. MODELE DE CVASIGEIOD UTILIZATE ÎN REPUBLICA MOLDOVA

Primul model de cvasigeoid, GM2005, a fost creat pentru teritoriul RM de Institutul de Geodezie și Cartografie al Ucrainei. Modelul cvasigeoidului, GM2005, este creat în baza combinației dintre anomaliile înălțimilor obținute în baza GNSS/nivelment și a modelului cvasigeoidului european modificat EGG97, deoarece în acel moment (anul 2005) nu existau date gravimetrice necesare. Anomaliile altitudinilor din modelul EGG97 au fost transformate, cu ajutorul a 7 parametri de transformare ai lui Helmert, în sistemul de altitudini Baltic din 1977.

Scopul central al acestui model a fost ameliorarea preciziei modelului fizic al teritoriului de lângă hotar, ceea ce explică faptul că majoritatea punctelor de control, la care au fost determinate înălțimile GNSS și efectuate măsurători de nivelment, sunt amplasate în apropierea frontierei dintre RM și Ucraina.

Un alt model a fost suprafața, DFHRS2011, obținută de Universitatea Tehnică a Moldovei în comun cu Universitatea de Științe Aplicate din Karlsruhe, Germania.

Unul dintre obiective a fost modelarea suprafeței de referință și a procedurilor numerice de conversie a altitudinilor normale elipsoidale determinate prin măsurători GNSS în altitudini normale prin metoda digitală a elementelor finite DFHRS (Digital Finite Element Height Reference Surface). La realizarea finitelor propuse, au fost utilizate modelul gravimetric satelitar EIGEN-GL04C, modelul clasic al geoidului bazat pe formula lui Stokes, modelul gravitațional global EGM2008 și modelul geoidului gravimetric european EGG97. Analiza statistică a diferențelor altitudinilor normale și a valorilor calculate din modelul HRS pentru punctele de control a arătat că diferențele obținute nu depășesc 6 cm pentru întreg teritoriul țării în sistemul de altitudini Baltic din 1977 și 4 cm pentru zonele urbane principale.

Modelul cvasigeoidului, Mold2012, a fost creat de Danila Uliana în cadrul tezei de doctor în domeniul Geodeziei în noiembrie 2012. Mold 2012 a fost determinat prin aplicarea formulei modificate a lui Stokes cu corecții adaugătoare (LSMSA), așa-numita metodă KTH, în care datele gravimetrice măsurate sunt combinate cu o componentă de frecvență joasă a geoidului de la un Model Gravimetric Global (GGM). Tehnica LSMSA combină datele GGM și cele terestre optimal.

Valorile abaterilor punctelor rămase în concordanță cu ordinul rețelei de nivelment pentru Mold2012, transformate la sistemul local, sunt de 3,8 cm pentru ordinul I, 4,3 cm pentru ordinul II, respectiv 4,5 cm și 5,0 cm pentru rețelele de nivelment de ordinul III și IV. Pentru cele 18 puncte de control, această valoare este de 3,6 cm și eroarea medie pătratică de 3,9 cm, iar valorile minime și maxime de -5,3 cm și respectiv 9,0 cm.

3. RELAȚII DE CALCUL

Pentru calcularea preciziilor altitudinilor din modelele studiate este necesară, în primul rând, o valoare de comparare. Ca valoare de comparare sunt luate altitudinile anomalilor determinate prin măsurători terestre la 61 de puncte cu date GPS/nivelment. Aceste altitudini se determină din diferența dintre înălțimea elipsoidală (GNSS) și măsurătorile de nivelment efectuate pe aceleași puncte.

$$\xi^{GNSS/levelling} = h^{GNSS} - h^{levelling} \quad (1.1)$$

La determinarea diferențelor de nivel, pentru fiecare punct, din altitudinile obținute din măsurători

GNSS/nivelment se scad altitudinile obținute în fiecare model din cele studiate.

$$\Delta\xi = \xi^{GPS/nivelment} - \xi^{cvasigeoid} \quad (1.2)$$

Astfel, obținându-se diferențele de nivel, este posibilă determinarea abaterii standard pentru fiecare model.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\Delta\xi)^2}{n-1}} \quad (1.3)$$

unde n – este numărul de puncte.

4. REZULTATE

Așadar, în figura 1, este prezentată precizia modelelor studiate în confirmare cu abaterea standard calculată.

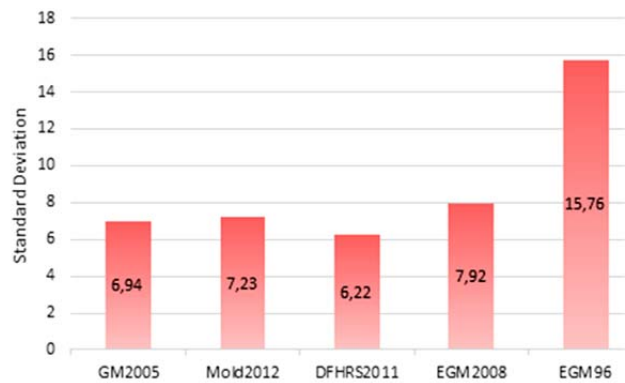


Fig. 1. Abaterea standard pentru modelele studiate [cm].

Calculule efectuate pentru cele 61 de puncte arată că precizia cea mai bună o poate oferi modelul DFHRS2011, cu o abatere de până la 6,22 cm. Modelele GM2005 și Mold2012 sunt mai puțin precise, cu abaterea standard de 6,94 cm și 7,23 cm, respectiv. Ca model arbitrar, care nu a fost creat cu scopul de a descrie suprafața fizică a teritoriului Moldovei, EGM2008 exprimă o abatere egală cu 7,92 cm. Unicul model studiat, pentru care nu rezultă o precizie satisfăcătoare, este modelul EGM96, a cărui abatere standard este 15,76 cm.

Așadar, practic, toate cele trei modele utilizate pe teritoriul Republicii Moldova sunt funcționabile și exprimă o precizie satisfăcătoare pentru multe tipuri de lucrări. Experimentul dat ne demonstrează că nu este greșit să fie utilizat oricare din aceste modele, însă, pentru construcția drumurilor, podurilor, canalelor, tunelurilor și a altor construcții, precizia dată poate să nu fie satisfăcătoare, ceea ce ar putea genera lucrări repetate, timp și bani irosiți peste măsură. Pentru anumite tipuri de lucrări precizia trebuie să fie de 1-2 cm altitudine; aceste modele nu pot oferi asemenea precizie, deoarece nu se bazează pe măsu-

rători gravimetrice repartizate uniform pe tot teritoriul Moldovei, ci parțial, și sunt combinații de alte modele gravimetrice de cvasigeoid, existente. Această problemă are doar o singură soluție: modelul cvasigeoidului trebuie să fie creat în baza măsurătorilor gravimetrice, repartizate uniform pe tot teritoriul Moldovei, iar compensarea modelului dat să se facă cu măsurători de nivelment de ordinul 1 și 2, în unele cazuri de ordinul 3 și 4.

5. CONCLUZII

Studiul preciziei modelelor existente în Moldova a demonstrat faptul că, pentru conformarea la cerințele practice în executarea ridicărilor topografice, precizia modelelor GM2005, Mold2012 și DFHRS2011 este satisfăcătoare. În acest studiu au fost incluse în calcule și alte două modele globale, EGM96 și EGM2008. Determinând principalele formule și metode de calcul, s-a făcut un studiu comparativ, bazat pe altitudinile normale obținute din nivelmentul geometric și altitudinile normale calculate din măsurători GNSS, cu utilizarea modelelor cvasigeoidului.

Calculule efectuate pentru cele 61 de puncte arată că precizia cea mai bună o poate oferi modelul DFHRS2011, cu o abatere de până la 6,4 cm. Modelele GM2005 și Mold2012 sunt mai puțin precise, cu abaterea standard de 7,1 cm și respectiv 7,2 cm. Ca model arbitrar, care nu a fost creat cu scopul de a descrie suprafața fizică a teritoriului Moldovei, EGM2008 exprimă o abatere egală cu 7,9 cm. Unicul model studiat, pentru care nu rezultă o precizie suficientă, este modelul EGM96, a cărui abatere standard este 25,1 cm.

După compararea abaterilor standard și a diferențelor de nivel, minime și maxime, s-a format concluzia că preciziile sunt satisfăcătoare în punctele

care au deja date de nivelment determinate, dar în punctele în care nu sunt executate măsurători GNSS, în locurile rurale și mai puțin populate, această precizie poate să fie și mai joasă.

Unica soluție, pentru rezolvarea problemei altimetrice pe teritoriul RM este de a efectua măsurători gravimetrice în zonele în care măsurătorile pentru rețeaua gravimetrică națională, MOLDGRAV06, nu au fost efectuate.

Experimentul dat ne demonstrează că oricare din aceste modele poate fi utilizat la executarea ridicărilor topografice până la scara 1:500, inclusiv, însă, pentru construcția drumurilor, podurilor, canalelor, tunelurilor și a altor construcții, precizia dată nu este suficientă. Pentru anumite tipuri de lucrări precizia trebuie să fie de 1-2 cm altitudine, iar aceste modele nu pot oferi asemenea precizie, deoarece nu se bazează pe măsurători gravimetrice repartizate pe tot teritoriul Moldovei, ci parțial, și sunt combinații de alte modele globale și regionale existente.

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Danila, U.** *Mold2012 – a new gravimetric quasigeoid model over Moldova*. Licentiate thesis in Geodesy. Royal Institute of Technology (KTH). 10044 Stockholm Sweden. November 2012.
- [2] **Kucher, O., Stophai, I., Renkevich, O.** *Отчёт о научно-исследовательской работе. „Построение Модели Квасигеоида на территории Республики Молдова”*. Kiev 2005.
- [3] **Chiriac, V., Nistor-Lopatenco, L., Jager., R.** *A new Geodetic Infrastructure for Republic of Moldova*. GeoPreVi, Technical University of Civil Engineering, Bucharest., Romania, 12-13 May 2011.
- [4] Hotărârea nr. 307 din 28.04.2011 cu privire la Sistemul Național de Poziționare.
- [5] **Gisca, C.** *Impact of Persistent Organic Pollutants on human health and analysis of the damage caused by them using GIS tools*.